

# Betonbroer skal reducere CO<sub>2</sub>-fodaftrykket

Christian Munch-Petersen

Dansk Brodag 2021

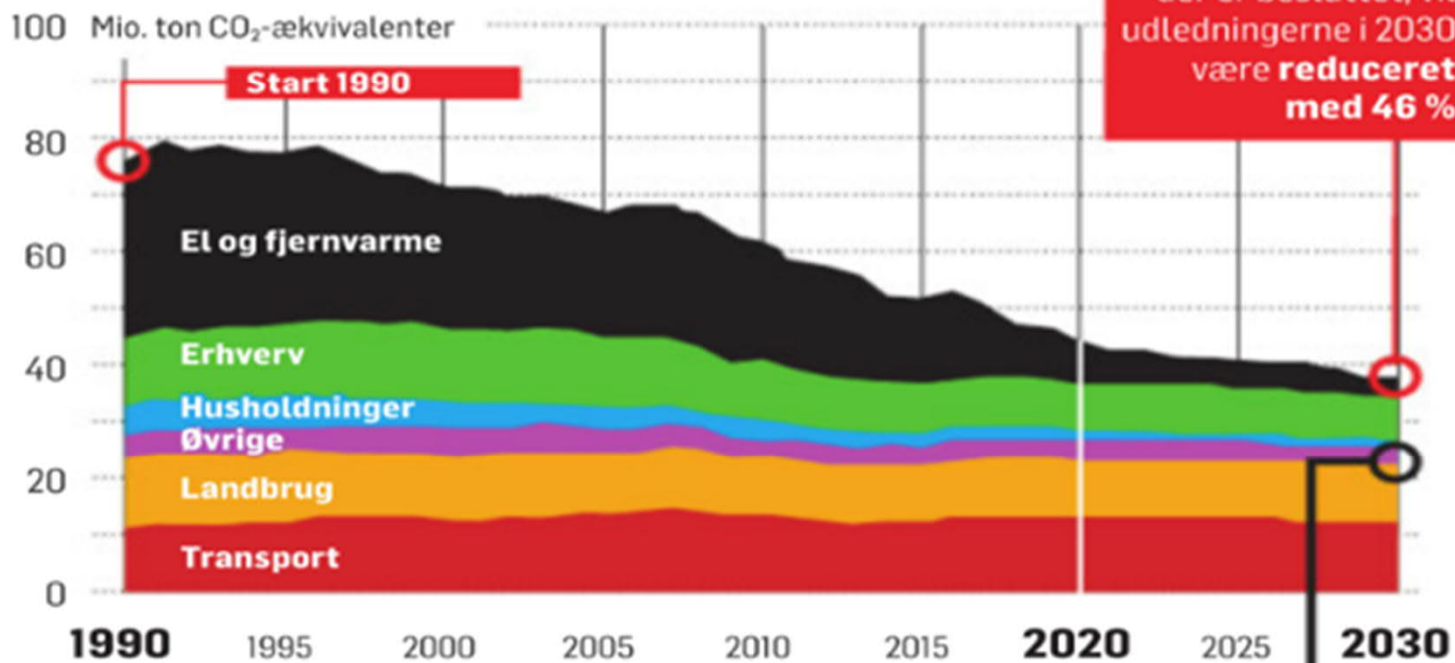
2021-09-07

**emcon**

## Vejen til de 70 procent

Folketingets mål er at reducere udledningen af drivhusgasser med 70 % fra 1990 til 2030

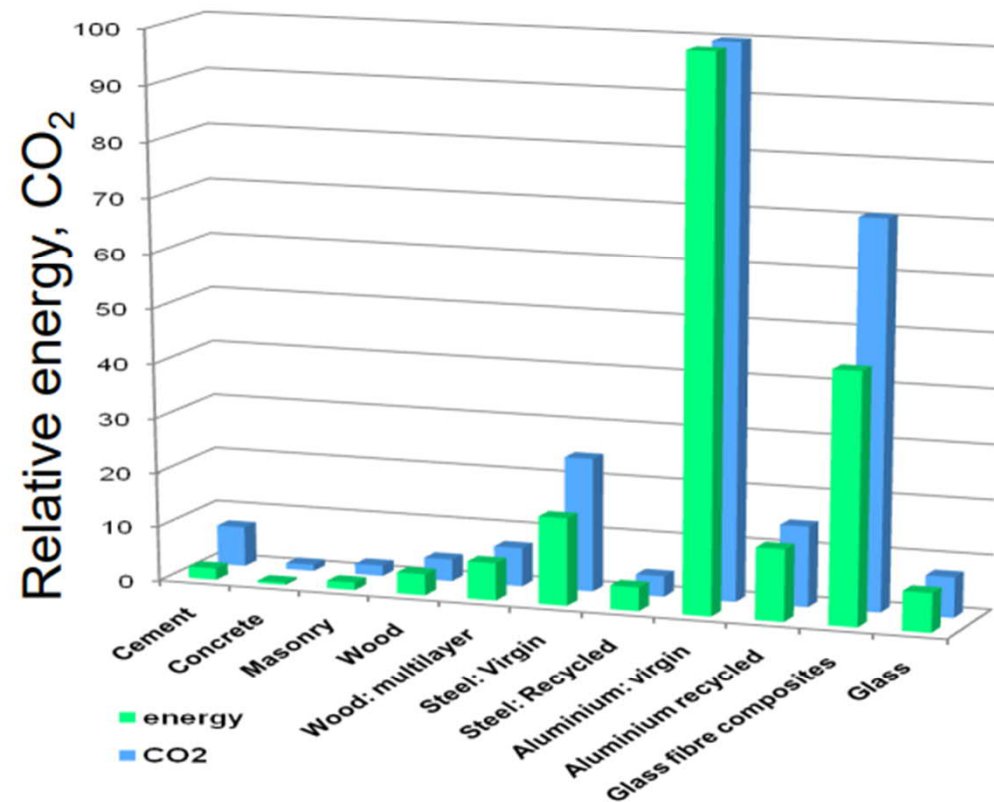
Udledning af drivhusgasser fordelt på sektorer



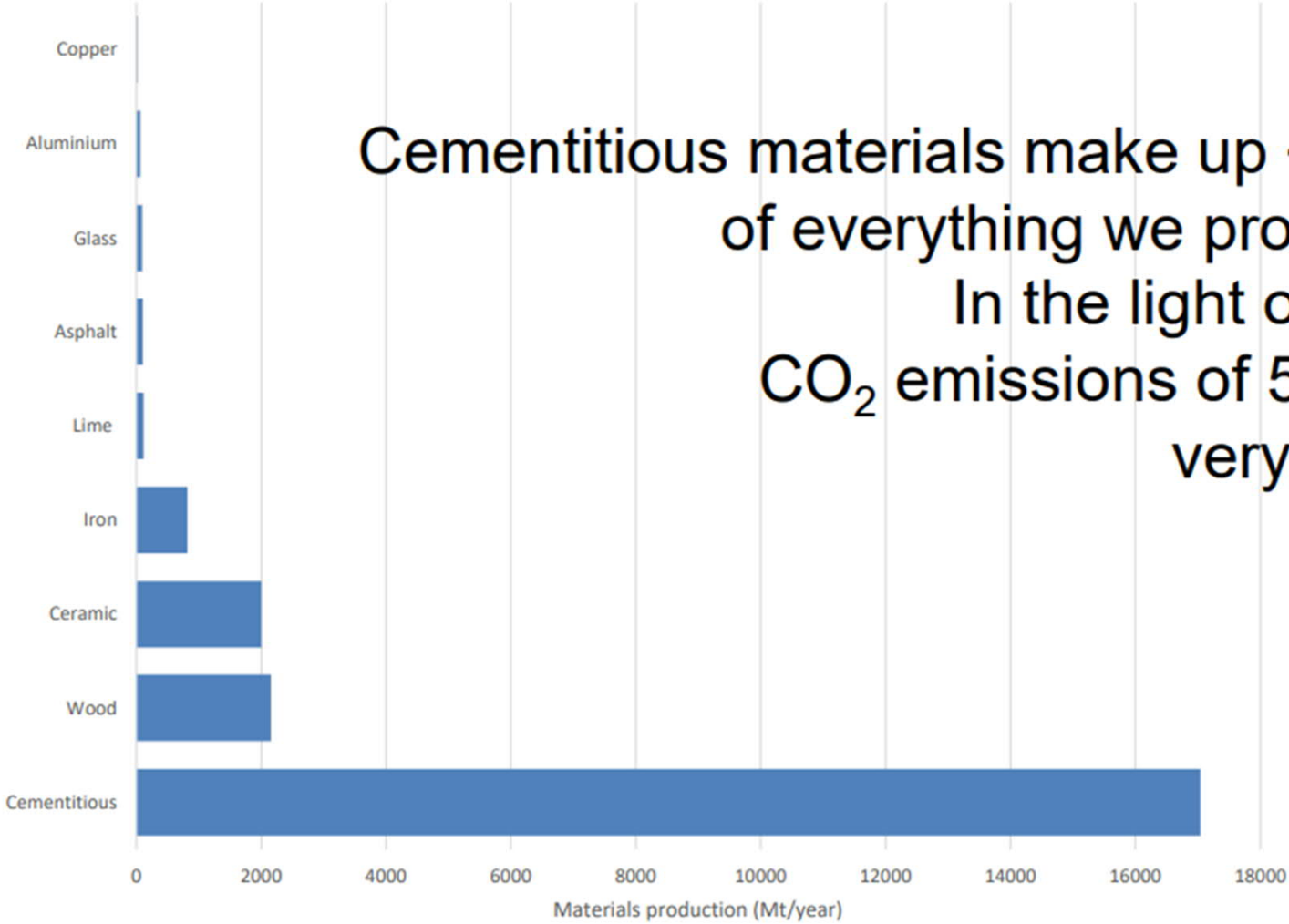
Grafik: Jens Herskind Kilde: Energistyrelsens basisfremskrivning

Material	MJ/kg	kgCO <sub>2</sub> /kg
Cement	4.6	0.83
<b>Concrete</b>	<b>0.95</b>	<b>0.13</b>
Masonry	3.0	0.22
Wood	8.5	0.46
Wood: multilayer	15	0.81
Steel: Virgin	35	2.8
Steel: Recycled	9.5	0.43
Aluminium: virgin	218	11.46
Aluminium recycled	28.8	1.69
Glass fibre composites	100	8.1
Glass	15.7	0.85

ICE version 1.6a  
Hammond G.P. and Jones C.I  
2008 Proc Instn Civil Engineers  
[www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied/](http://www.bath.ac.uk/mech-eng/sert/embodied/)



Cementitious materials make up ~50%  
of everything we produce.  
In the light of this,  
CO<sub>2</sub> emissions of 5-10%  
very good



Beton er:

- Holdbart
- Billigt
- Kan noget, andre materialer ikke kan

# Nej til materiale-racisme!

- Alle byggematerialer har deres fordele
- Alle byggematerialer har deres ulemper
- CO<sub>2</sub> har føjet nye aspekter til disse fordele og ulemper
- Man skal ikke føre en materiale-racistisk kamp mod andre materialer
  
- Vigtige elementer for materialevalg er tradition, arkitektur, funktionalitet, holdbarhed, vedligehold - og nu også CO<sub>2</sub>

# Eksempel på forkert anvendelse af et materiale!

## Kjællinghøl-broen er styrtet sammen

Den syv år gamle Kjællinghøl-bro i Bjerringbro har været i nedstyrtningsfare et år og er nu styrtet sammen.

Få artiklen læst op 





# Situationen på CO<sub>2</sub>-fronten lige nu

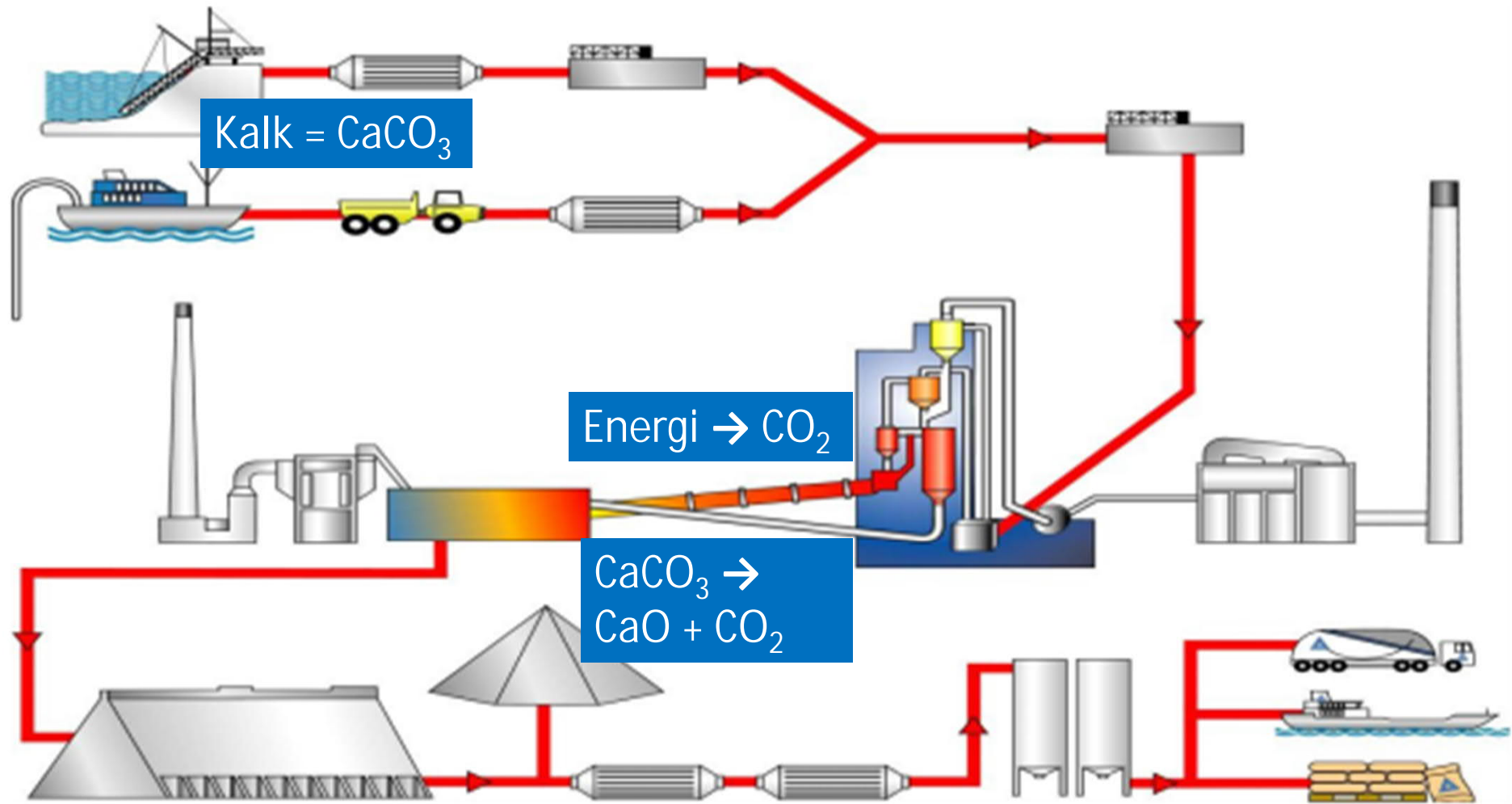
- Cementindustrien udvikler grønnere cementer
- Future-cem har 30% reduktion af CO<sub>2</sub> – samme pris
- Reduktion (og stop) af kulfyring på kraftværker vil med tiden mindske dansk produktion af flyveaske, som kan spare CO<sub>2</sub> i beton
- Men meget flyveaske netop nu, herunder 1,4 mio tons i gammelt depot
- Stadig masser af flyveaske på verdensplan (fx Polen og Tyrkiet)
- Konstruktioner optimeres – beton erstattes med luft (fx udsparinger)
- Armering kan fremstilles af genbrugsjern = stor CO<sub>2</sub>-reduction
- Dansk Beton vil reducere 50% ift. 2019
- Vejdirektoratet vil reducere 70% ift. 1990



# Hvordan når vi målet?

- Næppe alene med økonomiske incitamentter?
- Blev LED-pæren opfundet på baggrund af skat på glødelamper?
- Er dansk vindmølleindustri et resultat af CO<sub>2</sub>-afgifter?
- Hvorfor køber så mange en elbil i dag, selv om det er billigere med en diesel-oser?
- Vi, der er ingeniører, skal vise, at vi er polyteknikere - og ikke økonomer - og at vi kan – og vil - udvikle ny grøn teknologi!
- Jeg ser 70% i 2030 udfordringen som en gave til ingeniør-branchen
- Det bliver os, der skal klare ærterne, vi skal være dygtige!

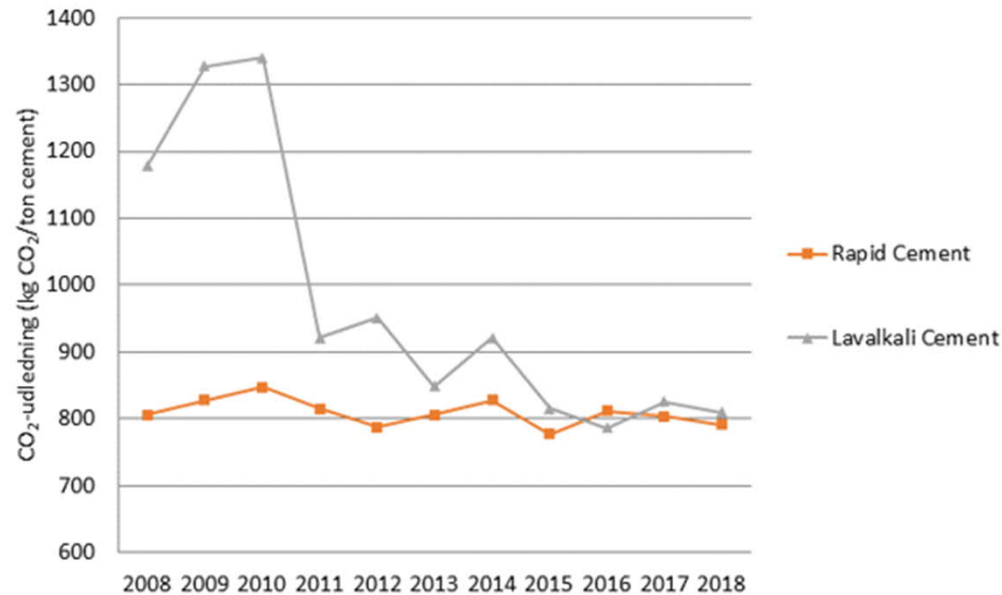




Cementproduktion

# Cementers CO<sub>2</sub> aftryk

- Brocementen CEM I SR5 (EA) har
- Rapidcement har et CO<sub>2</sub>-aftryk på 780 kg/ton

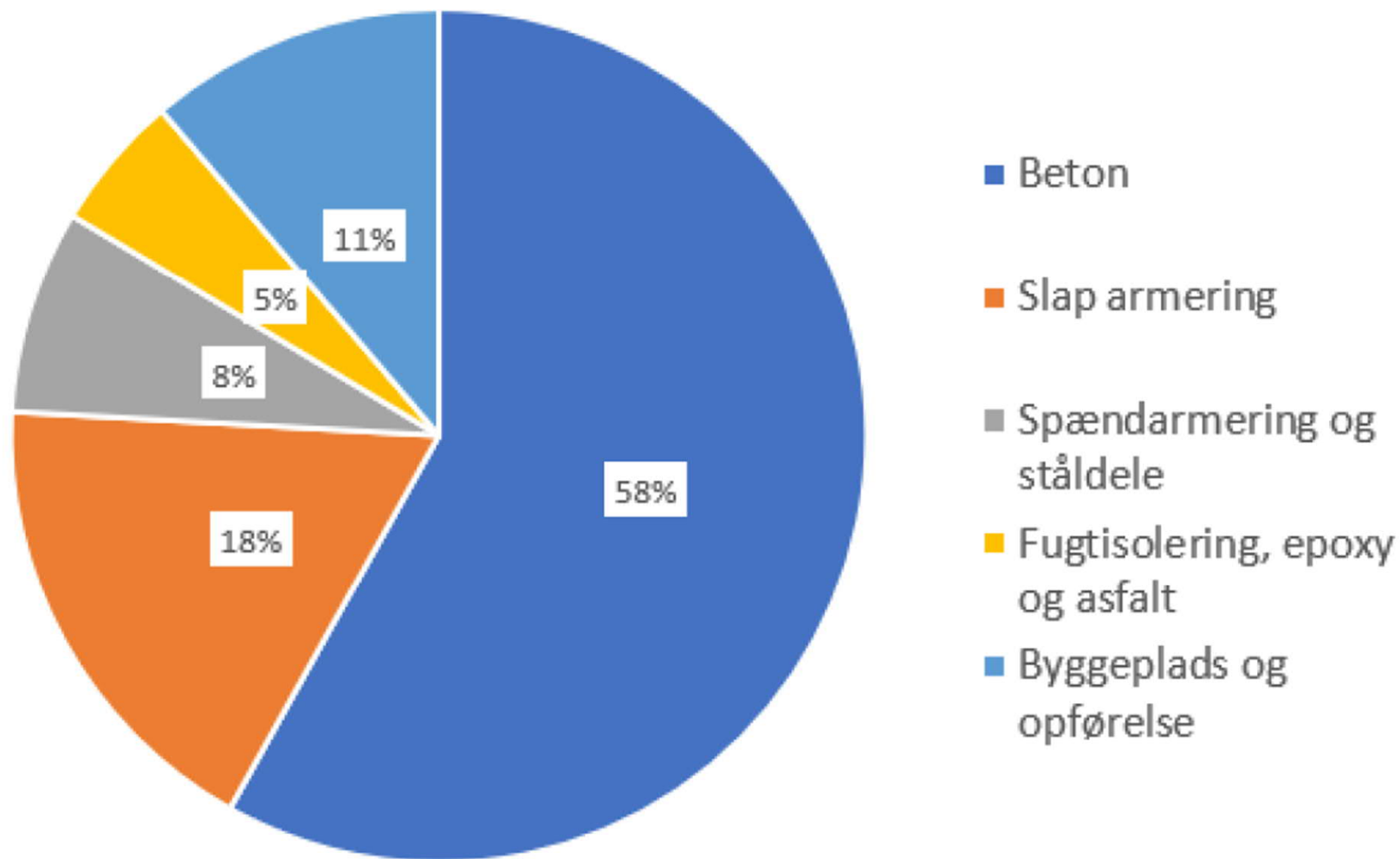


- FutureCement har et CO<sub>2</sub>-aftryk på 599 kg/ton
- CO<sub>2</sub>-aftrykket stammer primært fra cementklinkerne

## Tre veje til at reducere CO<sub>2</sub> fra beton

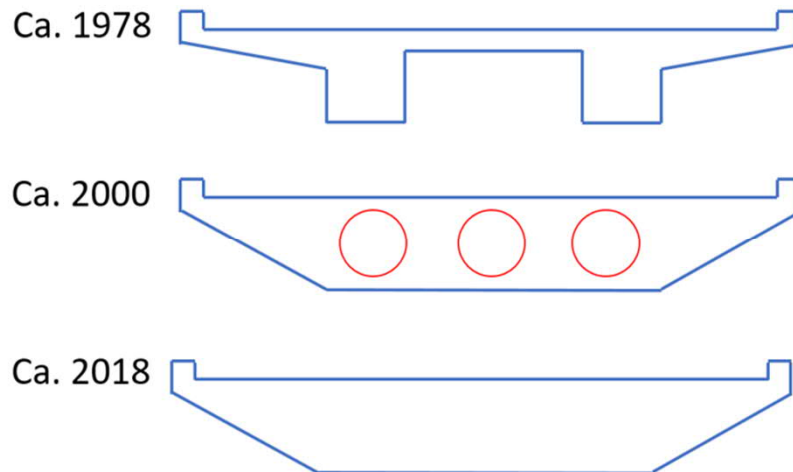
- A. Brug mindre beton
- B. Brug mindre cement
- C. Brug en grønner cement

- A. Betonmængden reduceres ved optimering af tværsnittet
- B. og C. sikres ved at vælge cementen og tilsætningerne med CO<sub>2</sub> i tankerne



Fjordforbindelsen Kronprinsesse Marys Bro, Teknologisk Institut 2019 for Vejdirektoratet.  
Figuren viser fordeling af indlejret CO<sub>2</sub> på forskellige materialer og processer.

# Materialeforbrug

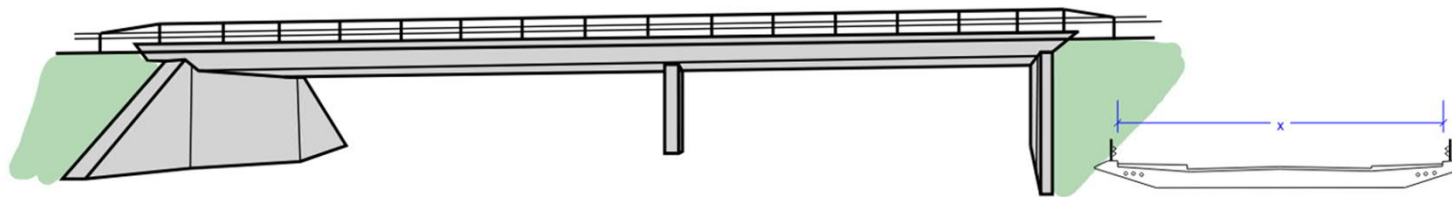


Sparerør blev indstøbt for at spare beton. Senere blev sparerørene dyrere end den beton, de erstattede. Så blev sparerørene selv sparet væk

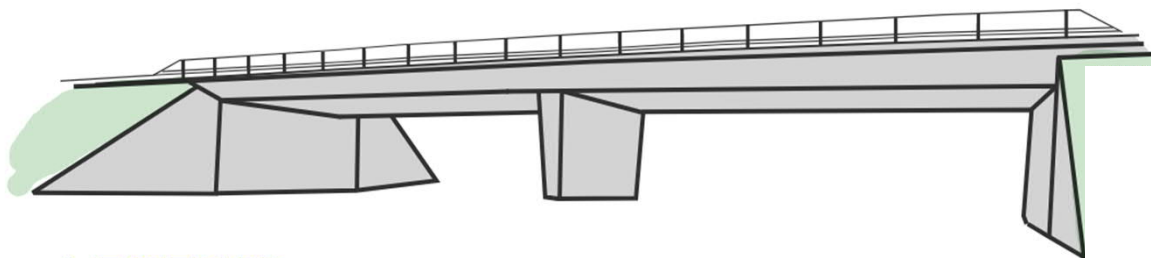
En typisk elementløsning med OT-elementer. OT-elementerne virker som forskalling for betonpladen, men deltager også i det færdige tværsnits kraftoptagelse

# Bæredygtighedsoptimering – VD-projekt

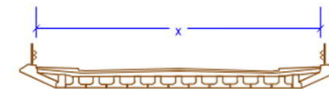
Projektet drejer sig om optimering af en in-situ bro og en elementbro. Rambøll fik opgaven



**VINDINGEVEJ** In-situ

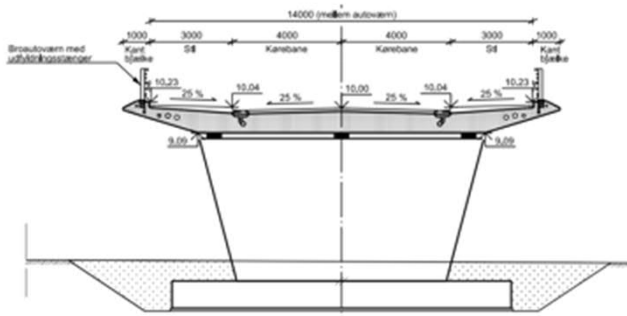


**VESTERLED** Element

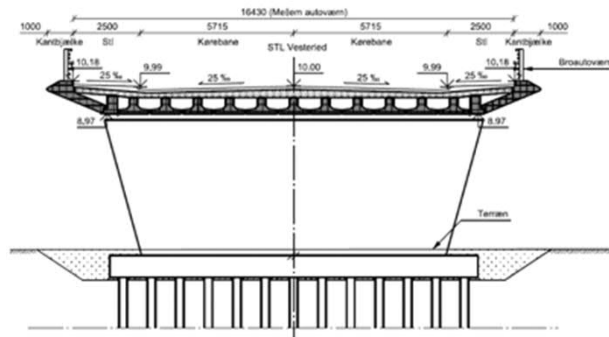




Vindingevej bygget 2010



Vesterled bygget 2010



Eksempler på udførte  
optimeringer  
gennemregnet af  
Rambøll

RAMBOLL

RAMBOLL

# CO<sub>2</sub>-aftryk fra forskellige recepter

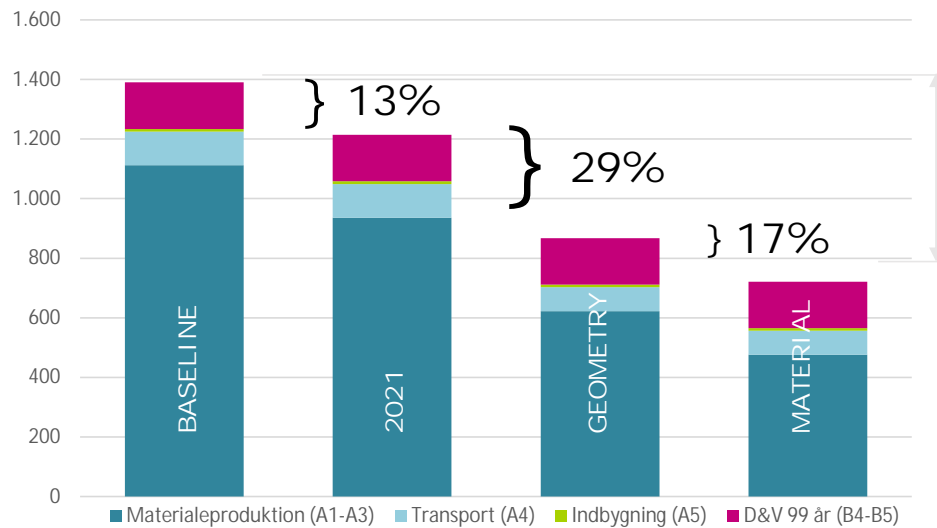
	Cement							
	LA/SR	Rapid	F-Cem	FA	MS	AAB	CO <sub>2</sub>	Klasse
Branche-EPD beton A	400			35		OK	403	A

Et CO<sub>2</sub>-aftryk på 280 kg CO<sub>2</sub> pr kubikmeter kan derfor anvendes

# Summary of case-study results

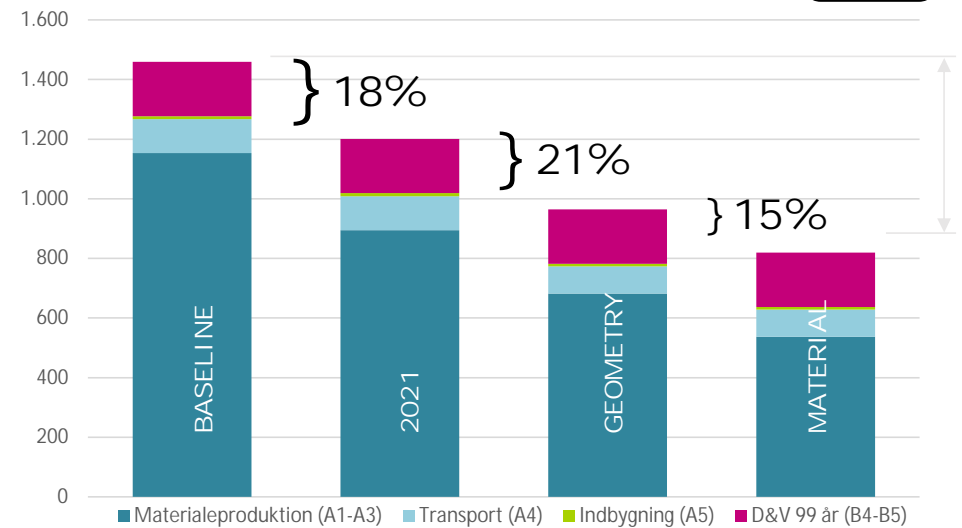
## In-situ: Vindingevej

672 t  
48%



## Element deck: Vesterled

655 t  
45%



# Cement

Hvorfor er CO<sub>2</sub>-besparelser på cement i Danmark ikke i sig selv en løsning?

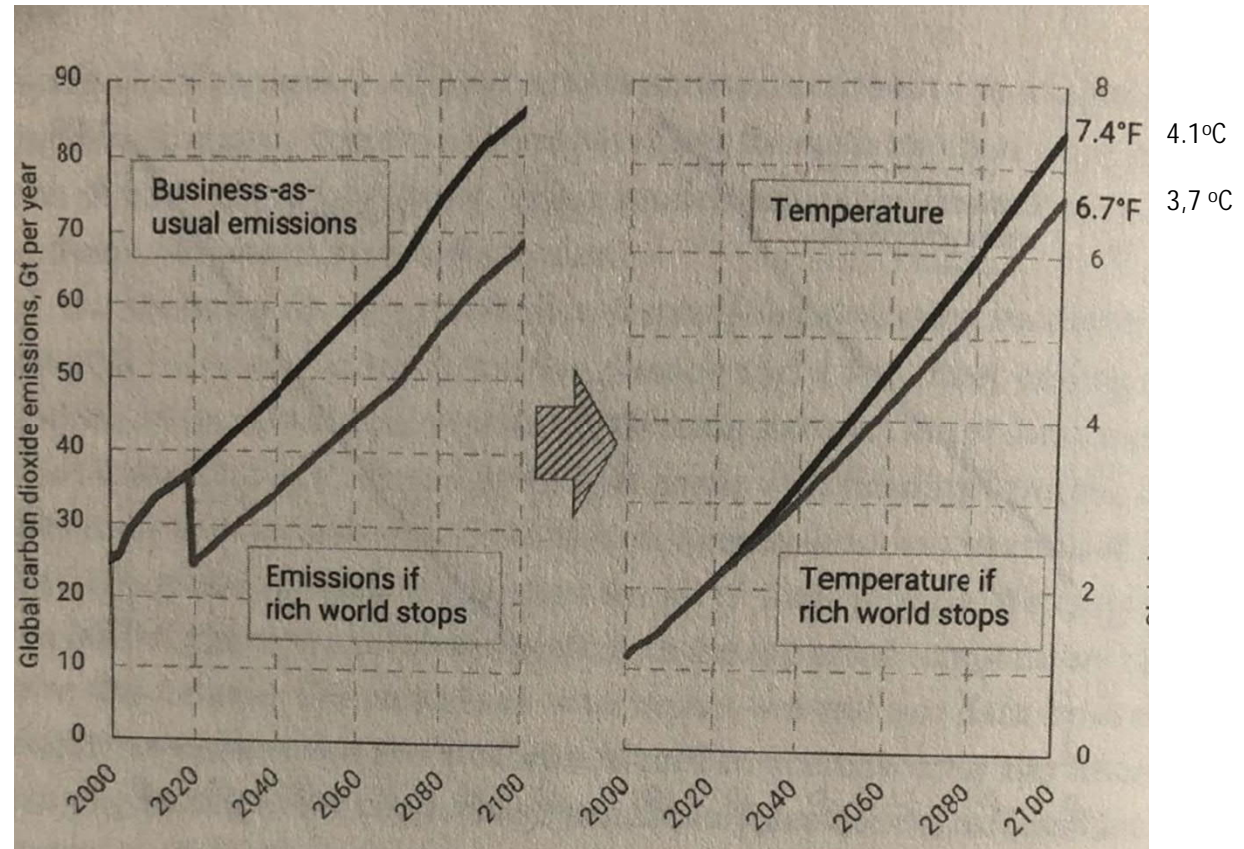
Fordi, der laves cement ude i verden – meget cement!

- **Today's world production is 4.65 billion tonnes.**

The top 10 producers are China (52%), India (6.2%) and EU28 (5.3%) followed by US (1.9%), Turkey, Indonesia, Brazil, Russia, South Korea and Saudi Arabia. This means that most of the cement production is (and will keep on being) outside OECD (this is probably the industry where the share of production outside OECD is the largest: around 70%).

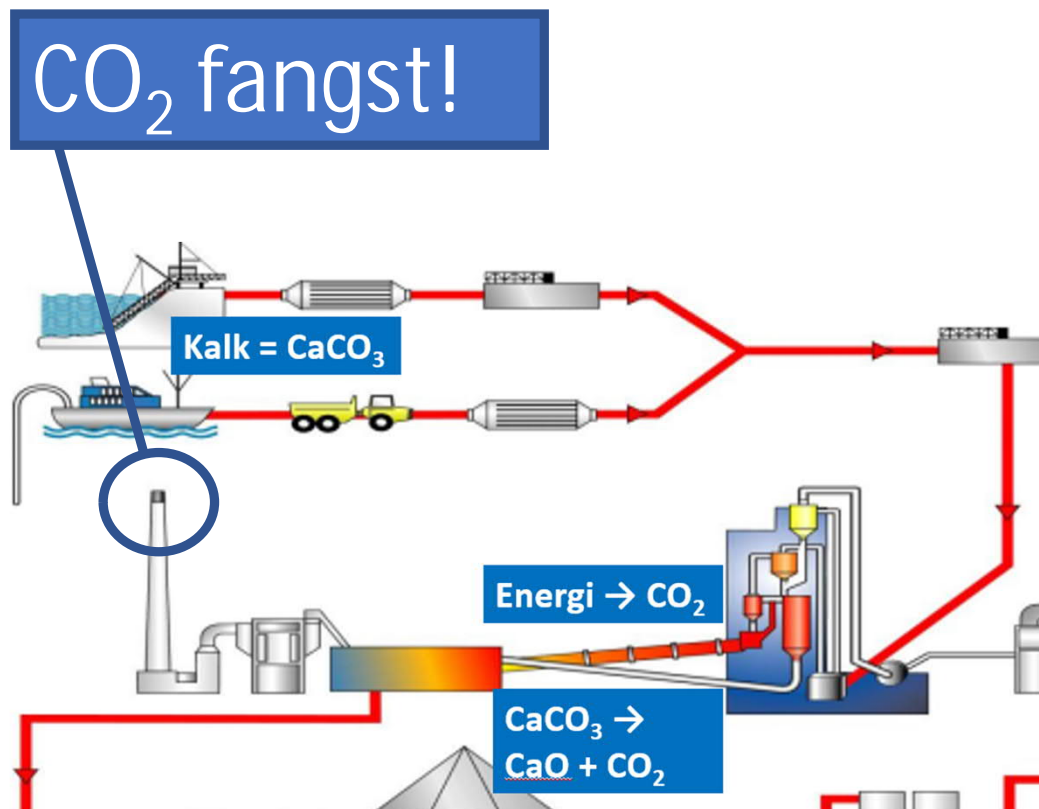
# Produktion udenfor OECD

- 70% af cementproduktionen er uden for OECD
- Der skal spares CO<sub>2</sub> i OECD-landene og DK
- DK skal selvfølgelig spare de 70%
- Vi skal vise Verden, at:  
    We can do it!
- Men helt afgørende, at det også sker udenfor OECD
- Derfor skal vi spare CO<sub>2</sub> i DK – og gøre det en måde og med en teknologi, der kan eksporteres udenfor OECD
- Ellers er det nærmest lige meget!



Noget fra Lomborg – ikke kun cement – men princippet!

# Fremtid for cement (og beton)



## Metode

- CO<sub>2</sub> opsamles i toppen af skorstenen
- Komprimeres og køles
- Ud i Nordsøen i gamle oliebrønde
- (Evt laves til E-fuel med vindmøllestrøm)
- Første anlæg forventes i Norge i 2024

## Konsekvens

- Cement bliver CO<sub>2</sub>-neutralt
- Evt. CO<sub>2</sub>-negativt

## Økonomi

- Anlæggene koster nogle milliarder
- Cementprisen vil blive fordoblet